

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro

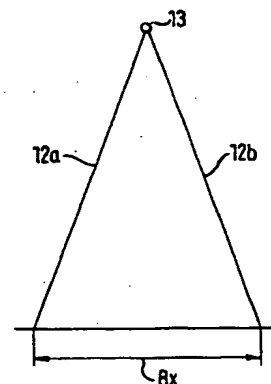
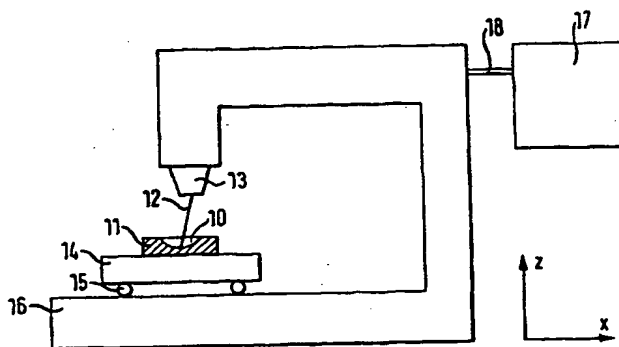


INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>G01B 11/02, B23K 26/08</b>	<b>A1</b>	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 00/19167</b> (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 6. April 2000 (06.04.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/06225 (22) Internationales Anmeldedatum: 30. September 1998 (30.09.98) (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): LCTEC LASER- UND COMPUTERTECHNIK GMBH [DE/DE]; Tiroler Strasse 85, D-87459 Pfronten (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KUHL, Michael [DE/DE]; Wolfenstrasse 12 B, D-87629 Füssen (DE). WRBA, Peter [DE/DE]; Rosenweg 10, D-87647 Unterthingau (DE). HILDEBRAND, Peter [DE/DE]; Gschwend 34, D-87484 Nesselwang (DE). REISACHER, Martin [DE/DE]; Mariabergerstrasse 69 a, D-87439 Kempten (DE). (74) Anwalt: BEETZ & PARTNER; Steinsdorfstrasse 10, D-80538 München (DE).	(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.	

(54) Title: CALIBRATING A DEPTH SENSOR OF A LASER-PROCESSING DEVICE AND PRODUCING A DIE LAYER BY LAYER USING VARIABLE PROGRAMMING

(54) Bezeichnung: EICHEN EINES TIEFENSSENSORS EINER LASERBEARBEITUNGSVORRICHTUNG UND SCHICHTWEISE HERSTELLUNG EINES GESENKS MIT VERÄNDERLICHER PROGRAMMIERUNG



(57) Abstract

According to a method for measuring depth, the depths of measuring points are measured on a calibration plate. Correction data are used and stored for subsequent correction according to differences between the measured values and known values. According to a method for producing a die layer by layer, the horizontal limits ( $x_g$ ,  $y_g$ ) for removal within a layer ( $S_{i+1}$ ) are determined in accordance with the depth of the die ( $z$ ), using the form definition of the die. The measured values can be continually stored and subsequently be used for controlling the laser-processing device.

### (57) Zusammenfassung

Bei einem Verfahren zur Tiefenmessung werden die Tiefen von Meßpunkten auf einer Eichfläche gemessen, und Korrekturwerte nach Maßgabe von Unterschieden zwischen den Meßwerten und bekannten Werten und zur späteren Korrektur verwendet und gespeichert. Bei einem Verfahren zur schichtweisen Herstellung eines Gesenks wurden die horizontalen Grenzen ( $x_g$ ,  $y_g$ ) für den Abtrag in einer Schicht ( $S_{i+1}$ ) nach Maßgabe der Gesenktiefe ( $z$ ) aus der Formdefinition des Gesenks ermittelt. Die Meßwerte können fortlaufend gespeichert und zu späterer Ansteuerung der Laserbearbeitungsvorrichtung verwendet werden.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidtschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun			PT	Portugal		
CN	China	KR	Republik Korea	RO	Rumänien		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SG	Singapur		
EE	Estland	LR	Liberia				

EICHEN EINES TIEFENSSENSORS EINER LASERBEARBEITUNGSVORRICHTUNG UND SCHICHTWEISE  
HERSTELLUNG EINES GESENKS MIT VERÄNDERLICHER PROGRAMMIERUNG

Die Erfindung betrifft im weitesten Sinne die Tiefenmessung und Tiefensteuerung bzw. -regelung für ein durch eine Laserbearbeitungsvorrichtung herzustellendes Gesenk.

Ein Tiefenmeßsystem ist aus der DE OS 42 06 499 bekannt. Dort wird inkohärentes Prozeßleuchten ausgewertet, beispielsweise über ein Triangulationsverfahren oder durch Auswertung des Abstands zwischen verschiedenen Abbildern des Leuchtflecks.

Zur Abbildung des Leuchtflecks auf einen Sensor oder eine Sensorzeile wird eine Linse benötigt. Da der Leuchtfleck an beliebigen Stellen im Arbeitsbereich  $B_x$ ,  $B_y$  liegen kann, muß dafür Sorge getragen werden, daß bei allen Lagen des Leuchtflecks im Bearbeitungsbereich der Laserbearbeitungsvorrichtung die Fokussierung hinreichend genau ist.

Herkömmliche Linsen haben eine kugelförmige Brennfläche. Da die von der Laserbearbeitungsvorrichtung gerade bearbeitete Fläche jedoch in der Regel nicht kugelflächig ist, wird somit immer eine leichte Defokussierung auftreten. Sogenannte F $\theta$ -Linsen sind dahingehend korrigiert, daß sie eine ebene Brennfläche haben. Auch diese Brennfläche ist jedoch nicht vollständig eben, so daß Defokussierungen auftreten können. In Abhängigkeit von der gewünschten Meßgenauigkeit können solche Unschärfen zu nicht hinnehmbaren Genauigkeitseinbußen führen. Die genannten F $\theta$ -Linsen erlauben Meßgenauigkeiten im Bereich von ca. 100  $\mu$ m. In diesem Bereich liegt auch die Ungenauigkeit der Brennebene dieser F $\theta$ -Linsen. In modernen Laserbearbeitungsvorrichtungen sind jedoch Fertigungsgenauigkeiten von wenigen Mikrometern erreichbar bzw. einregelbar. Dann sind aber auch entsprechend genaue Meßsysteme notwendig, die insbesondere in ihrer Genauigkeit den Fertigungsgenauigkeiten in etwa entsprechen. Mit dem aus der DE 42 06 499 bekannten Meßsystem können die geforderten Genauigkeiten nicht erreicht werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn das Meßsystem im Bearbeitungssystem integriert ist, und insbesondere, wenn beide die gleiche Optik verwenden. Das zur Messung herangezogene Prozeßleuchten durchläuft dann einen vergleichsweise weiten Bereich des Abbildungssystems, so daß die genannten Ungenauigkeiten deutlich auftreten. Sie können im Bereich von Zehntel Millimetern liegen.

Aus der DE 42 09 933 ist ein Verfahren zur partiellen Veränderung von Oberflächen metallischer oder nicht-metallischer Körper mit einem Nd:YAG-Laser bekannt. Ein in die Tiefe gehender Materialabtrag ist hier nicht beschrieben.

Die Ausbildung von Gesenken mittels Laserbearbeitungsvorrichtungen erfolgt bisher in der Weise, daß ein schichtwei-

ser Abtrag vorgenommen wird. Die Schichtdicke ist jeweils vorgegeben und wird eingeregelt. Dies hat den Nachteil, daß Leistungsreserven bereitgehalten werden müssen, damit das Regelungsziel in jedem Fall sicher erreicht werden kann. Bekannte Verfahren haben darüber hinaus den Nachteil, daß bei einer Tiefenregelung letztendlich der Regelungserfolg an einem anderen Ort eintritt als dem Meßort. Dies ergibt sich aus der Verarbeitungsgeschwindigkeit der Regelung und der Führungsgeschwindigkeit des Laserstrahls. Während der Verarbeitungsdauer wird der Laserstrahl weiterbewegt, so daß der Regelungserfolg örtlich verschoben auftritt. Dies wird tendenziell auch in weiteren Schichten so sein, so daß Schwierigkeiten hinsichtlich der Tiefeneinregelung auftreten können.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur genauen Tiefenmessung und zur genauen Tiefeneinregelung bei Laserbearbeitungsvorrichtungen anzugeben.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Abhängige Ansprüche sind auf bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung gerichtet.

Eine genaue Tiefenmessung erhält man, indem das eigentliche Sensorsystem insbesondere auf die verwendete Optik geeicht wird. Hierzu wird eine bekannte Eichfläche, vorzugsweise eine Ebene, vermessen. Die tatsächlichen Werte werden dann mit den bekannten Werten verglichen, und nach Maßgabe des Unterschieds werden für die jeweilige Position im Bearbeitungsbereich Korrekturwerte gebildet und gespeichert.

In dieser Beschreibung wird davon ausgegangen, daß die Gesenktiefe in z-Richtung eines rechtwinkligen Koordinatensystems verläuft, während der Bearbeitungsbereich eine Ebene im wesentlichen in der x-y-Ebene des Koordinatensystems ist

(siehe Fig. 1). Für den Bearbeitungsbereich Bx, By wird also ein zweidimensionales Korrekturfeld ermittelt, das dann bei den tatsächlichen Messungen zur Korrektur herangezogen werden kann.

Anstatt wie im Stand der Technik mit festen Schichtdicken zu arbeiten und deren Einhaltung einzuregeln, ist es auch möglich, die momentane Gesenktiefe  $z$  zu bestimmen und sich nach Maßgabe dieser absoluten Gesenktiefe aus der Definition der herzustellenden Form die Begrenzungen in  $x$ - und  $y$ -Richtung für eine folgende, insbesondere die nächste abzutragende Schicht zu ermitteln. Bei einem wannenförmig nach unten zulaufenden Gebilde könnte beispielsweise festgestellt werden, daß beim Abtrag in einer Schicht tiefer in das Material eingedrungen wurde als vorgesehen. In der nächsten Schicht würden dann engere Grenzen in  $x$ - und  $y$ -Richtung eingestellt werden.

Eine weitere Verbesserung der Genauigkeit ergibt sich, wenn nicht nur die absolute Gesenktiefe beim Ausrechnen der Grenzen in horizontaler Richtung für die nächste Schicht berücksichtigt wird, sondern auch die derzeit mit den herrschenden Parametern abgetragene Schichtdicke. Mit dieser Schichtdicke  $\Delta z$  kann genauer in  $z$ -Richtung der Formdefinition vorgedrungen werden, so daß dementsprechend genauer die Grenzen für die folgende Schicht ausgerechnet werden können.

Um ein "a priori"-Wissen für die Ansteuerung der Vorrichtung zu erzeugen, können die fortlaufend ermittelten Tiefenmeßwerte gespeichert werden, insbesondere nach Maßgabe ihrer  $x$ - und  $y$ -Koordinate. Das dadurch gespeicherte Wissen kann im weiteren Verlauf genutzt werden, um geeignete Maßnahmen zu veranlassen.

Explizit sei hier noch auf folgendes hingewiesen: Zeitlich sehr nahestehend zum Anmeldetag dieser Anmeldung hat die Anmelderin zwei weitere Anmeldungen betreffend Verfahren und Vorrichtungen zur Laserbearbeitung eines Werkstücks eingereicht, nämlich die Anmelde-nummern ..... ("Patching") und ..... ("Trennmittel"). Hiermit und gegebenenfalls später im nachfolgenden Text wird auf diese Anmeldungen ausdrücklich Bezug genommen.

Nachfolgend werden beziehungsweise auf die beiliegenden Zeichnungen einzelne Ausführungsformen der Erfindung beschrieben, es zeigen:

Fig. 1 schematisch eine Laserbearbeitungsvorrichtung,

Fig. 2 schematisch als funktionelles Blockdiagramm eine Steuerung bzw. Regelung,

Fig. 3 die Tiefenmeßvorrichtung aus Fig. 2,

Fig. 4 die Steuervorrichtung zur Ermittlung der Abtragsgrenzen in einer Schicht aus Fig. 2,

Fig. 5 die Steuervorrichtung zum Speichern von Meßwerten aus Fig. 2,

Fig. 6 und 7 in Draufsicht und als Querschnitt schematisch ein Werkstück zur Erläuterung von allgemeinen Überlegungen.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Laserbearbeitungsvorrichtung. Gegebenenfalls erfolgen Betrachtungen anhand des schon genannten rechtwinkligen x-y-z-Koordinatensystems, wobei x und z in der Zeichenebene gezeigt sind und y nach unten durch die Zeichenebene sticht.

Ein Ständer 16 trägt einen Bearbeitungskopf 13 und einen gegebenenfalls verschieblichen Werkstückträger 14. Im allgemeinen ist eine Relativverschiebung zwischen Kopf 13 und Werkstück 11 zumindest in der x-y-Ebene möglich. Angedeutet ist dies hier durch Rollen 15 zwischen Werkstückträger 14 und Zeiger 16. Statt dessen oder zusätzlich kann auch der Kopf 13 beweglich sein. Im Werkstück 11 wird ein Gesenk 10 ausgebildet. Das Gesenk wird mittels eines Laserstrahls 12 erzeugt. In der Regel erfolgt ein schichtweiser Abtrag dahingehend, daß Schichten, die jeweils an unterschiedlichen Positionen in z-Richtung liegen und sich in der x-y-Ebene erstrecken, nacheinander von oben nach unten abgetragen werden. In Fig. 6 ist dies schematisch gezeigt: Im Querschnitt oben zeigt die Linie 107 zusammen mit den sichtbaren Konturen die zuletzt gewünschte Endform. Sie wird durch schichtweisen Abtrag erzeugt. Die Schichten sind in der Darstellung 106 symbolisiert. Die unterbrochenen Linien stellen bereits abgetragene Schichten dar, während die durchgezogenen Linien noch zu bearbeitende Schichten symbolisieren. Die gerade bearbeitete Schicht wird als  $S_i$  bezeichnet, die Schicht davor als  $S_{i-1}$ , die Schicht danach als  $S_{i+1}$ . Auch Kombinationen der genannten Möglichkeiten sind möglich.

Zum Abtragen einer Schicht sind verschiedene Strategien möglich: Innerhalb des Bearbeitungsbereichs  $B_x$ ,  $B_y$  des Kopfs wird der Laserstrahl durch eine geeignete Laserstrahlführung über die Fläche geführt. Gezeigt sind mäandernde Ausführungsformen. Im oberen Teil der Draufsicht ist eine Ausführungsform gezeigt, in der die Strahlführung prinzipiell den gesamten Bearbeitungsbereich  $B_x$ ,  $B_y$  überstreicht, wobei der Laser nur dann angeschaltet wird, wenn er über eine zu bearbeitende Fläche streicht, letztendlich also über den Boden des Gesenks 10. Dies entspricht den durchgezogenen Linien 101b, während die gestrichelten Lini-



en 101a den "Dunkelweg" zeigen. Unten in der Draufsicht ist dagegen eine Ausführungsform gezeigt, in der die Laserstrahlführung den Laser lediglich über die zu bearbeitenden Flächen führt, also über den momentanen Boden des Gesenks. Wenn eine Schicht  $S_i$  abgetragen ist, wird mit dem Abtrag in der nächsten Schicht  $S_{i+1}$  fortgefahren.

Der Bearbeitungsbereich  $B_x$ ,  $B_y$  ist in der Regel durch konstruktive Bedingungen begrenzt. In der Regel handelt es sich um rechteckige Bereiche, außerhalb derer der Laserstrahl nicht mehr geführt werden kann. In Fig. 1 unten ist dies schematisch gezeigt. Hier wird der Bearbeitungskopf als Punktlichtquelle 13 angesehen. Die Auslenkung des Strahls kann zwischen einer weitestmöglich linken Position 12a und einer weitestmöglich rechten Position 12b erfolgen. Dadurch ergibt sich ein Bereich  $B_x$  in x-Richtung. Sinngemäß das gleiche gilt für die y-Koordinate.

Die Vorrichtung in Fig. 1 weist eine Steuerung/Regelung 17 auf, die über Leitungen 18 mit der Bearbeitungsvorrichtung verbunden ist. Die Steuerung/Regelung (nachfolgend kurz als Steuerung bezeichnet) 17 kann kompakt oder räumlich verteilt aufgebaut sein. In der Regel wird sie digitale Komponenten aufweisen, beispielsweise einen Prozeßrechner.

Fig. 2 zeigt schematisch als funktionales Blockdiagramm den Aufbau der Steuerung 17. Es sind  $n$  einlaufende Signalleitungen 18a und  $m$  auslaufende Signalleitungen 18b vorgesehen. Sie durchlaufen Treiber/ Koppler/Wandler/Aufbereitungskomponenten 67a, 67b, die Umsetzungen betreffend Datenformat, Leistung u.ä. vornehmen. Die Steuerung 17 weist zumindest einen Speicher 64 auf, in dem Daten verschiedenster Art gespeichert werden können. Darüber hinaus sind verschiedene allgemeine Steuerungs- bzw. Regelungsfunktionen 65 vorgesehen (beispielsweise zur Laserstrahlsteuerung,

Laserstrahlführung usw.). Durch 68 sind Funktionen symbolisiert, die den in den beiden weiter oben genannten weiteren Anmeldungen beschriebenen Funktionen und Merkmalen ("Patching" und "Trennmittel") entsprechen. Sie können zusammen mit den erfindungsgemäßen Funktionen vorgesehen sein und vorteilhafte Wirkungen haben. 66 symbolisiert einen Kanal, der die zwischen den einzelnen notwendige Kommunikation erlaubt. Soweit er als Hardware verstanden werden soll, kann es sich beispielsweise um einen Bus eines Rechners handeln.

61 symbolisiert die Funktion einer erfindungsgemäßen Tiefenmessung, 62 symbolisiert eine erfindungsgemäße Steuerungsfunktion zum Ermitteln der Bearbeitungsgrenzen in einer Schicht  $S_i$ , 63 eine erfindungsgemäße Funktion zum Speichern und späteren Auswerten von Meßwerten. Die Funktionen 61-63 arbeiten zumindest mit dem Speicher 64 und je nach Notwendigkeit mit weiteren Funktionen zusammen. Sie können auch mit den in den beiden anderen Anmeldungen beschriebenen Funktionen 68 zusammenarbeiten.

Fig. 3 zeigt beispielhaft eine Ausführungsform einer Tiefenmeßvorrichtung. Gleiche Bezugsziffern wie in den vorherigen Zeichnungen bedeuten gleiche Komponenten. Gezeigt ist eine Ausführungsform, in der der primäre Sensor 70 räumlich mit dem Bearbeitungskopf 13 (zum Emittieren des bearbeitenden Laserstrahls) integriert ist. Insbesondere durchläuft das vom Sensor 70 ausgewertete Prozeßleuchten zumindest teilweise die gleiche Optik wie der bearbeitende Laserstrahl. Gezeigt ist ein Zeilensensor, der ein Abbild des Leuchtflecks an der soeben vom Laserstrahl beschienenen Bearbeitungsstelle auf dem Werkstück 11 empfängt. Das Meßprinzip des Sensors kann so wie in der DE OS 42 06 499 beschrieben sein. Der Sensor gibt ein mehr oder minder weit aufbereitetes Signal aus, das in der Steuerung 17 und ins-

besondere von der erfindungsgemäßen Tiefenmessung 61 empfangen wird. 71 symbolisiert eine komplexere Signalaufbereitung, die ein vergleichsweise rohes Sensorsignal in einen Tiefenwert  $z$  (längs der  $z$ -Koordinate, Fig. 1) transformiert.

Um genau messen zu können, wird die Tiefenmeßvorrichtung vor der tatsächlichen Tiefenmessung geeicht. Hierzu wird eine Eichfläche vermessen. Die Eichfläche hat eine bekannte Form, vorzugsweise ist sie eben. Vorzugsweise ist die Eichfläche so groß, daß der gesamte Bearbeitungsbereich  $B_x$ ,  $B_y$  auf ihr Platz findet. In einem Eichdurchgang wird die Höhe der Eichfläche in  $z$ -Richtung an verschiedenen Punkten (z.B. rasterförmig verteilt) im Bearbeitungsbereich  $B_x$ ,  $B_y$  vermessen. Der so gewonnene Meßwert wird mit der bekannten Höhe der Eichfläche (symbolisiert 72) in einer Vergleichseinrichtung 73 verglichen. Der Unterschied ist ein Maß für den Meßfehler. Der Unterschied kann positionsabhängig im Speicher 74 gespeichert werden bzw. zur Ermittlung eines Korrekturwerts, der seinerseits positionsabhängig gespeichert wird, dienen. "Positionsabhängig" in diesem Zusammenhang bedeutet in Abhängigkeit von der Position in  $x$ - bzw.  $y$ -Richtung im Bearbeitungsbereich  $B_x$ ,  $B_y$ . Die  $x$ - und  $y$ -Koordinaten sind der Steuerung 17 aus den allgemeinen Funktionen 65 bekannt.

Während des Eichens wird damit ein flächiges Korrekturfeld gespeichert, das dann zur Korrektur der eigentlichen Meßwerte verwendet werden kann. Dies ist durch Komponente 75 symbolisiert. Sie empfängt einen tatsächlichen Meßwert über Sensor 70, Leitungen 18, 66 und Signalformung 71. Darüber hinaus empfängt sie einen Korrekturwert aus Speicher 74, der seiner Position nach der Tiefenmeßposition entspricht. In der Korrekturvorrichtung 75 wird der gemessene Wert korrigiert und für weitere Systemfunktionen ausgegeben bzw.

bereitgehalten. Die Korrektur kann additiv und/oder multiplikativ erfolgen. Es kann auch ein Kennfeld vorgesehen sein. Es kann auch eine Korrektur nach Maßgabe der absoluten Tiefe  $z$  vorgesehen sein.

Im Eichvorgang kann die Eichfläche mehrmals vermessen werden, wobei sie zwischen den einzelnen Messungen in horizontaler Richtung ( $x$  und/oder  $y$ ) verschoben werden kann. Es werden dann für die einzelnen Positionen im Bearbeitungsbereich  $B_x$ ,  $B_y$  Korrekturwerte nach Maßgabe der verschiedenen für die jeweilige Position  $x$ ,  $y$  im Bearbeitungsbereich  $B_x$ ,  $B_y$  gewonnenen Meßwerte ermittelt (Mittelung, Interpolation o.ä.). Auch zur Korrektur tatsächlicher Meßwerte können Interpolationen oder Mittelungen zwischen einzelnen Korrekturwerten erfolgen, insbesondere dann, wenn für den momentanen Meßort kein oder nur ein entfernt gelegener Korrekturwert vorhanden ist.

Die erfindungsgemäße Eichung bzw. die erfindungsgemäße Tiefenmessung erlaubt eine Meßgenauigkeit im Bereich weniger Mikrometer, vorzugsweise unter  $1\text{ }\mu\text{m}$ . Die Korrekturwerte können, sofern es sich um additive Korrekturwerte handelt, einem Wert von bis zu  $1\text{ mm}$  oder mehr entsprechen.

Die eben beschriebene Tiefenmessung in  $z$ -Richtung kann, muß aber nicht in den nachfolgend zu beschreibenden Funktionen verwendet werden.

Fig. 4 zeigt schematisch eine Steuerung für den Schichtabtrag. Die zugrundeliegenden Überlegungen werden anhand von Fig. 7 erläutert. Gleiche Bezugsziffern bedeuten dort gleiche Merkmale wie in früheren Figuren. Gezeigt ist in Fig. 7 der auf dem Boden 112 des Gesenks 10 einfallende Laserstrahl 12. Durch die Laserstrahlführung wird eine Vorschubrichtung des Laserstrahls 12 in Richtung des Pfeils

111 angenommen (hier also in x-Richtung). Material der Schicht  $S_i$  verdampft und verflüssigt und wird dadurch abgetragen. Symbolisiert wird dies durch die von der Bearbeitungsstelle 110 wegstrebenden Pfeile. Die Dicke einer Schicht wird zu  $\Delta z$  angenommen, die absolut gemessene Tiefe zu  $z$ . Die Wandung 113 des Gesenks 10 soll auch in den tieferen Schichten der Kontur 107 folgen. Die Grenze  $x_g$  zum Abtrag in der folgenden Schicht  $S_{i+1}$  hängt insbesondere bei schrägen Wänden demnach von der Tiefe  $z$  ab, ein  $dz$  führt zu einem  $dx_g$ . Solange es möglich ist, von Schicht zu Schicht die Tiefe  $z$  auf vorbestimmte Werte einzustellen, können auch die Grenzen des Schichtabtrags in einer Schicht  $x_g$  (und entsprechend  $y_g$ ) vorab gesetzt und dann eingestellt werden. Dies entspricht einer festen Programmierung des Geräts. Es kann aber wünschenswert sein, diese Schichtdicken nicht einzuhalten. Manchmal kann es auch technisch nicht möglich sein. Es ist dann vorteilhaft, ausgehend von der tatsächlichen Tiefe  $z$  für die nächste Schicht  $S_{i+1}$  die Abtragsgrenzen in der x-y-Ebene zu bestimmen, da eine Veränderung von  $z$  auch eine Veränderung von  $x_g$  und  $y_g$  zur Folge hat. Dies entspricht einer veränderlichen Programmierung. Eine Vorrichtung zur Umsetzung dieses Gedankens ist in Fig. 4 schematisch gezeigt. Sie weist eine Steuervorrichtung 81 auf, die die horizontalen Grenzen  $x_g$ ,  $y_g$  für den Abtrag in einer folgenden Schicht, insbesondere  $S_{i+1}$  nach Maßgabe der Gesenktiefe  $z$  aus der Formdefinition, die in einem Speicher 83 gespeichert ist, ermittelt. Zu diesem Zweck empfängt die Steuervorrichtung 81 einerseits Daten, die die Formdefinition darstellen, und andererseits die Tiefe  $z$  (bzw. einen daraus hergeleiteten Wert, beispielsweise gefiltert oder gemittelt). Aus diesen Daten können die Grenzen  $x_g$ ,  $y_g$  in horizontaler Richtung des Schichtabtrags ermittelt werden und herkömmlichen Komponenten 65 zur Einregelung dieser Werte zugeführt werden.

Eine weitere Erhöhung der Genauigkeit ergibt sich, wenn zur Ermittlung der Abtragungsgrenzen  $x_g$ ,  $y_g$  nicht nur die absolute Tiefe  $z$  berücksichtigt wird, sondern auch die mit den momentanen Parametern gerade abgetragene Schichtdicke  $\Delta z$ . Es muß dann nicht mit einem theoretischen Wert für die Schichtdicke "in die Tiefe des Gesenks gerechnet" werden, sondern es kann die momentan tatsächlich abgetragene Schichtstärke verwendet werden.

Wenn nur die gemessene absolute Tiefe  $z$  zur Grenzermittlung (zusammen mit einem theoretischen Wert für die Schichtdicke) berücksichtigt wird, wird das Entstehen eines kumulativen Fehlers vermieden, und es entsteht allenfalls ein nicht-kumulativer Fehler entsprechend dem Unterschied zwischen theoretischer und tatsächlicher Schichtdicke, der von Fall zu Fall hinnehmbar sein kann. Wenn auch die tatsächliche Schichtdicke  $\Delta z$  bei der Grenzermittlung berücksichtigt wird, wird auch die Entstehung dieses Restfehlers vermieden.

Fig. 4 zeigt mit 82 eine Einrichtung zur Ermittlung der Schichtdicke. Sie kann beispielsweise so ausgelegt sein, daß sie sich Meßwerte  $z$  der früheren Schicht  $S_{i-1}$  gemerkt hat und dann Meßwerte beim Abtrag der Schicht  $S_i$  damit vergleicht. Der Unterschied entspricht der Schichtdicke  $\Delta z$ . Auch hier können gefilterte oder gemittelte Werte verwendet werden.

Die Formdefinition des Gesenks kann beispielsweise in Form von CAD-Daten im Speicher 83 gespeichert sein. Bei der Vorrichtung 81 handelt es sich gegebenenfalls um eine vergleichsweise komplexe Struktur, die aus dieser Art der im Speicher 83 abgelegten Daten Schnittkanten zwischen einer Ebene (entsprechend einem Wert von  $z + \Delta z$ ) und einer Form

(entsprechend der Formdefinition des Gesenks) berechnen kann.

Fig. 5 zeigt eine Funktion, die die fortlaufend gemessenen Tiefendaten  $z$  fortlaufend speichert. Die Speicherung erfolgt vorzugsweise an Speicherstellen entsprechend der Position der vermessenen Stelle im Bearbeitungsbereich der Vorrichtung. Nicht immer ist es möglich, den momentanen Boden 112 so eben herzustellen, wie dies in Fig. 7 gezeigt ist. Vielmehr können Welligkeiten oder Inseln bzw. Dellen auftreten. In Fig. 6 ist mit Bezugszeichen 103 eine Insel symbolisiert. Betrachtet man den Vorschub des Laserstrahls 12 in Fig. 7 in Richtung des Pfeils 111, so läßt sich eine Vorschubgeschwindigkeit  $v_x$  bestimmen. Geht man nun andererseits davon aus, daß die Reaktionsgeschwindigkeit des Systems auf eine Messung begrenzt ist, läßt sich eine Zeit  $t_R$  als Reaktionszeit bestimmen, die verstreicht, bis ein gemessener Wert von  $z$  zu einer Beeinflussung des Lasers 12 führen kann. Wegen der Reaktionszeit  $t_R$  und der Vorschubgeschwindigkeit  $v_x$  werden Regelungseingriffe prinzipiell räumlich versetzt wirksam. Regelungstechnisch entspricht dies einer Totzeit. In ungünstigen Fällen kann es zu Schwingungen (Welligkeiten) kommen. Der Versatz entspricht  $\Delta x = v_x \cdot t_R$  und liegt durchaus im Bereich der betrachteten Genauigkeiten (z.B.  $v_x = 0,1 \text{ m/s}$ ,  $t_R = 0,5 \text{ ms}$ ,  $\Delta x = 50 \text{ } \mu\text{m}$ ). Um solche nachteiligen Effekte auszugleichen, kann es wünschenswert sein, Meßwerte für die Tiefe  $z$  zu speichern und später zu berücksichtigen. Dies kann zu einer der Regelung über- bzw. unterlagerten Steuerung nach Maßgabe der gespeicherten Tiefendaten führen.

Wenn die Tiefe  $z$  kontinuierlich bzw. quasi-kontinuierlich gemessen wird, kann sie ebenso kontinuierlich in einen Speicher 91 eingeschrieben werden und später in geeigneter Weise wiederverwendet werden. Im Speicher 91 entsteht dann

eine Topographie bzw. Kartographierung des momentanen Gesenkbodens, die flächig die jeweils gemessenen Tiefenwerte  $z$  wiedergibt. Die Dichte der Meßpunkte auf der Fläche ist zu hohen Werten hin in Vorschubrichtung des Laserstrahls durch die Vorschubgeschwindigkeit  $v_x$  und die Reaktionszeit  $t_R$  begrenzt und darunter wählbar. Bei mäandernder Flächenabdeckung gemäß Fig. 7 ist die Dichte der Meßpunkte in Richtung quer zur Vorschubrichtung durch den Spurabstand der Mäander bestimmt.

Wenn die Kartographierung bzw. die Topographie beispielsweise eine Insel 103 zeigt, kann dieses a priori-Wissen zum Ausgleichen der Unregelmäßigkeit benutzt werden, ohne daß der Zeitversatz aufgrund der System-Reaktionszeit die Fehlerkorrektur verhindert. Im Bereich einer erkannten Unregelmäßigkeit können aufgrund des a priori-Wissens die Wechselwirkungsparameter des Lasers verändert werden (bei Inseln in Richtung stärkerer Abtrag, bei Dellen in Richtung schwächerer Abtrag), oder es können bei größeren Abweichungen zusätzliche Schichten zum Abtrag lediglich der Unregelmäßigkeiten (der Insel oder des Landes um eine Delle) eingeschoben werden.

Das Verändern der Wechselwirkungsparameter des Laserstrahls kann geschehen, wenn innerhalb derselben Schicht der Laserstrahl wieder in der Nähe des Fehlers vorbeistreicht (z.B. in der Nachbarspur bei mäandernder Führung gemäß Fig. 6). Dies geht davon aus, daß die Laserstrahleinwirkungen nicht exakt auf eine Spur begrenzt sind. Vielmehr ist der Einwirkungsbereich unscharf abgegrenzt, so daß der auf den momentanen Gesenkboden eintreffende Laserstrahl nicht nur Wirkungen in der "idealen", gerade betrachteten Spur hat, sondern auch in benachbarten Spuren. Darüber hinaus können die Wechselwirkungsparameter des Laserstrahls auch in folgenden Schichten, beispielsweise in der nächsttieferen



Schicht geändert werden, um eine Unregelmäßigkeit, die in einer früheren Schicht erkannt wurde, auszugleichen.

Bei der beschriebenen Einstellung der Wechselwirkungsparameter nach Maßgabe der gespeicherten Gesenktiefendaten im Sinne einer Steuerung kann die Regelung des Lasers nach Maßgabe der aktuell gemessenen Werte beibehalten werden. Der Laser kann aber auch ohne diese Regelung nach Maßgabe der aktuell gemessenen Werte betrieben werden, so daß er nur nach Maßgabe der gespeicherten Parameter angesteuert wird.

Die beschriebene Kartographierung kann vorteilhaft in Verbindung mit der anhand von Fig. 4 beschriebenen Ermittlung der Abtragungsgrenzen in horizontaler Richtung kombiniert werden. Einzeln oder in Kombination miteinander können diese Techniken in Verbindung mit dem beschriebenen Meßaufbau (Bezugnahme auf eine Eichkurve) verwendet werden. Das anhand von Fig. 5 beschriebene Kartographierungsverfahren kann auch zusammen mit dem in der weiteren Anmeldung des Anmelders Nr. .... ("Patching") beschriebenen Verfahren zur Einstellung der Relativposition verwendet werden. Beispielsweise können Relativpositionen zwischen Bearbeitungskopf und Werkstück so gewählt werden, daß kritische Bereiche im Werkstück (beispielsweise eine Insel 103 oder eine Delle) nicht in den Randbereich des Bearbeitungsereichs der Vorrichtung gelangen, so daß eine zuverlässige Bearbeitung der entsprechenden Stelle möglich wird. Auch die Beeinflussung der Trennmittelzufuhr entsprechend Anmeldeungsnummer .... ("Trennmittel") nach Maßgabe der bei der Kartographierung gespeicherten Daten ist möglich.

### Ansprüche

1. Verfahren zum Eichen eines Tiefensensors einer Laserbearbeitungsvorrichtung, mit der in der Fläche eines Werkstückes ein Gesenk ausgebildet werden kann, dadurch gekennzeichnet, daß  
die Tiefen von Meßpunkten auf einer Eichfläche mit bekannter Form gemessen werden,  
die Meßwerte mit den an den jeweiligen Meßpunkten der Eichfläche bekannten Werten verglichen werden, und  
Korrekturwerte nach Maßgabe von Unterschieden zwischen Meßwerten und bekannten Werten zusammen mit den jeweiligen Koordinaten oder an Speicherstellen entsprechend den jeweiligen Koordinaten gespeichert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß  
der Tiefensensor ein von der Bearbeitungsstelle ausgehendes Licht zur Tiefenmessung heranzieht und das Laserlicht mit Hilfe einer Laserstrahlführung innerhalb eines durch die Vorrichtung vorgegebenen Bearbeitungsbereichs über die Fläche des Werkstücks geführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Eichfläche eine Ebene ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß  
die Eichebene mehrmals vermessen wird, wobei sie zwischen einzelnen Messungen relativ zum Meßsystem in horizontaler Richtung verschoben wird und wobei für einander im Arbeitsbereich entsprechende oder nahe beieinanderliegende Meßpunkte Korrekturwerte nach Maßgabe aller Messungen für diesen Meßpunkt gebildet und für diesen Meßpunkt gespeichert wird.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen Meßpunkten in Vorschubrichtung des Laserstrahls durch die Verarbeitungsgeschwindigkeit eines digitalen Systems und durch die Vorschubgeschwindigkeit des Laserstrahls bestimmt ist.
6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Eichebene eine Welligkeit von kleiner 5  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise kleiner 1  $\mu\text{m}$  hat.
7. Verfahren zur Tiefenmessung in einem Gesenk, das durch eine Laserbearbeitungsvorrichtung erzeugt wird, mittels eines Tiefensensors, der ein von der Bearbeitungsstelle ausgehendes Licht zur Tiefenmessung heranzieht und wobei das Laserlicht mit Hilfe einer Laserstrahlführung innerhalb eines durch die Vorrichtung vorgegebenen Bearbeitungsbereichs über die Fläche des Werkstücks geführt wird,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der Tiefensensor mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 geeicht wird,  
eine Tiefe an einer bestimmten Stelle des Gesenks gemessen wird,  
der Meßwert nach Maßgabe der Position der Stelle Bezugnehmend auf die gespeicherten Korrekturwerte korrigiert wird, und  
der korrigierte Wert als gemessene Tiefe verwendet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektur additiv und/oder multiplikativ erfolgt.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine Korrektur nach Maßgabe der Gesenktiefe erfolgt.
10. Verfahren zur Herstellung eines definiert geformten Gesenks in einem Werkstück mit einer Laserbearbeitungsvorrichtung, die schichtweise Material des Werkstücks in horizontalen Schichten ( $S_i$ ;  $x$ ,  $y$ ) entsprechend der definierten Form abträgt, wobei die Gesenktiefe ( $z$ ) fortlaufend gemessen wird, insbesondere nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Grenzen ( $x_g$ ,  $y_g$ ) in horizontaler Richtung für den Abtrag in einer folgenden Schicht ( $S_{i+1}$ ) nach Maßgabe der Gesenktiefe ( $z$ ) aus der Formdefinition des Gesenks ermittelt werden.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke ( $\Delta z$ ) einer abgetragenen Schicht ( $S_i$ ) aus gemessenen Gesenktiefen ermittelt wird, und die Grenzen ( $x_g$ ,  $y_g$ ) in horizontaler Richtung für den Abtrag in einer folgenden Schicht ( $S_{i+1}$ ) auch nach Maßgabe der ermittelten Schichtdicke ( $\Delta z$ ) aus der Formdefinition des Gesenks ermittelt werden.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlung der Abtragsgrenzen einer Schicht bezugnehmend auf gespeicherte Formdaten des Gesenks erfolgt.
13. Verfahren zur Herstellung eines definiert geformten Gesenks in einem Werkstück mit einer Laserbearbeitungsvorrichtung, die schichtweise Material des Werkstücks entsprechend der definierten Form abträgt, insbesondere nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei die Gesenk-

tiefe fortlaufend gemessen wird, insbesondere nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßwerte fortlaufend zusammen mit den jeweiligen Koordinaten oder an Speicherstellen entsprechend den jeweiligen Koordinaten gespeichert und zur späteren Ansteuerung der Laserbearbeitungsvorrichtung verwendet werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß ein gespeicherter Meßwert verwendet wird, wenn innerhalb derselben Schicht der Laser sich in der Nähe der dem Meßwert entsprechenden Stelle befindet und/oder wenn in einer tieferen Schicht der Laser sich in der Nähe oder an der dem Meßwert entsprechenden Stelle befindet.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein Meßwert zur augenblicklichen oder späteren Einstellung von Wechselwirkungsparametern des Laserstrahls herangezogen wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Laseramplitude und/oder die Impulsüberhöhung und/oder das Tastverhältnis eines gepulsten Lasers eingestellt werden.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die gespeicherten Meßwerte zum Abtrag einer Teilschicht herangezogen werden.
18. Vorrichtung zur Tiefenmessung in einem Gesenk (10), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei das Gesenk (10) durch eine Laserbearbeitungsvorrichtung (12-18) erzeugt wird, die

das Laserlicht mit Hilfe einer Laserstrahlführung innerhalb eines durch die Vorrichtung vorgegebenen Bearbeitungsbereichs über die Fläche des Werkstücks führt, mit

einem Tiefensensor (70, 71), der ein von der Bearbeitungsstelle ausgehendes Licht zur Tiefenmessung heranzieht und einen Meßwert erzeugt,

gekennzeichnet durch

eine Eichvorrichtung (72-74), die zur Vermessung einer vorzugsweise ebenen Eichfläche ausgelegt ist und einen Speicher (73) zur Abspeicherung von Korrekturwerten nach Maßgabe von Unterschieden zwischen Meßwerten und bekannten Werten zusammen mit den jeweiligen Koordinaten oder an Speicherstellen entsprechend den jeweiligen Koordinaten aufweist, und

eine Korrekturvorrichtung (74, 75), die den Meßwert nach Maßgabe der Position der Stelle beziehungsweise auf die im Speicher (74) gespeicherten Korrekturwerte korrigiert.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrektur additiv und/oder multiplikativ erfolgt.
20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß eine Korrektur nach Maßgabe der Gesenktiefe erfolgt.
21. Vorrichtung zur Herstellung eines definiert geformten Gesenks (10) in einem Werkstück (11), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 10 bis 12, mit  
einer Laserbearbeitungsvorrichtung (12-18), die schichtweise Material des Werkstücks (11) in horizontalen Schichten (S; x, y) entsprechend der definierten

Form abträgt, und  
einer Meßvorrichtung (70-73), insbesondere nach einem  
der Ansprüche 18 bis 20, die die Gesenktiefe (z) fort-  
laufend mißt,  
gekennzeichnet durch  
eine Steuervorrichtung (81), die die Grenzen ( $x_g$ ,  $y_g$ )  
in horizontaler Richtung für den Abtrag in einer fol-  
genden Schicht ( $S_{i+1}$ ) nach Maßgabe der Gesenktiefe (z)  
aus der Formdefinition ermittelt.

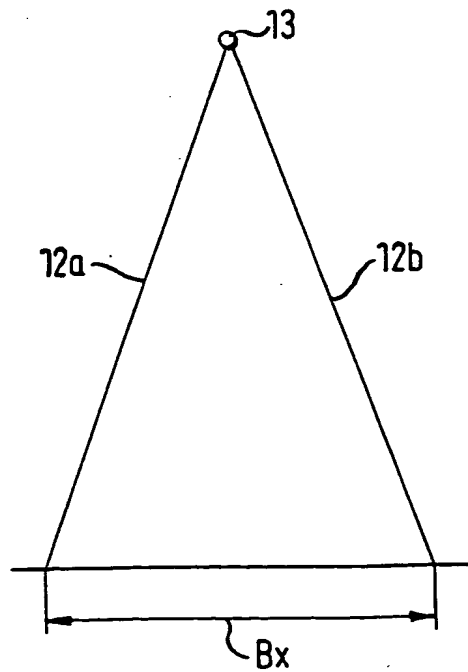
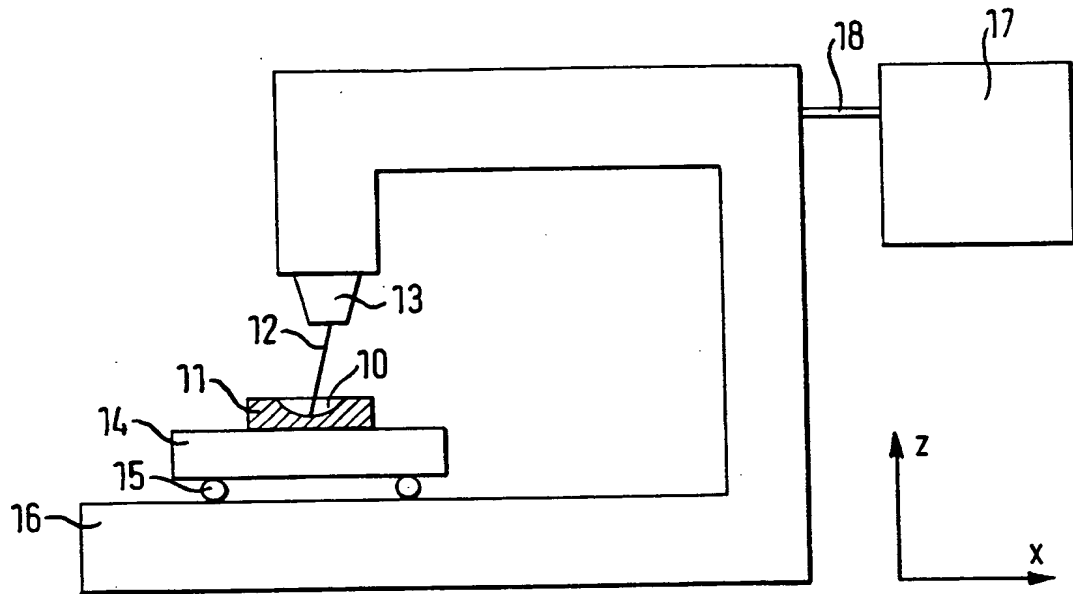
22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Steuervorrichtung eine Ermittlungseinrichtung  
(82) zum Ermitteln der Dicke ( $\Delta z$ ) einer abgetragenen  
Schicht ( $S_i$ ) aus gemessenen Gesenktiefen aufweist, und  
wobei die Steuervorrichtung (81) die Grenzen ( $x_g$ ,  $y_g$ )  
in horizontaler Richtung für den Abtrag in einer fol-  
genden Schicht ( $S_{i+1}$ ) auch nach Maßgabe der ermittelten  
Schichtdicke ( $\Delta z$ ) aus der Formdefinition ermittelt.
23. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, gekennzeichnet  
durch einen Speicher (83) zur Speicherung der Formdefi-  
nition des Gesenks (10).
24. Vorrichtung, insbesondere nach einem der Ansprüche 21  
bis 23, zur Herstellung eines definiert geformten Ge-  
senks (10) in einem Werkstück (11), insbesondere zur  
Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 13  
bis 17, mit  
einer Laserbearbeitungsvorrichtung (12-18), die  
schichtweise Material des Werkstücks (11) entsprechend  
der definierten Form abträgt, und  
einer Meßvorrichtung, insbesondere nach einem der An-  
sprüche 18 bis 20, die die Gesenktiefe (z) fortlaufend  
mißt,  
gekennzeichnet durch

eine Speichervorrichtung (91), die die Meßwerte fortlaufend zusammen mit den jeweiligen Koordinaten oder an Speicherstellen entsprechend den jeweiligen Koordinaten speichert, und  
eine Steuervorrichtung (63, 92, 93), die die Laserbearbeitungsvorrichtung (12-18) nach Maßgabe der gespeicherten Meßwerte ansteuert.

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuervorrichtung einen gespeicherten Meßwert verwendet, wenn innerhalb derselben Schicht der Laser sich in der Nähe der dem Meßwert entsprechenden Stelle befindet und/oder wenn in einer tieferen Schicht der Laser sich in der Nähe oder an der dem Meßwert entsprechenden Stelle befindet.
26. Vorrichtung nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuervorrichtung einen Meßwert zur augenblicklichen oder späteren Einstellung von Wechselwirkungsparametern des Laserstrahls heranzieht.



FIG. 1



ERSATZBLATT (REGEL 26)

FIG. 2

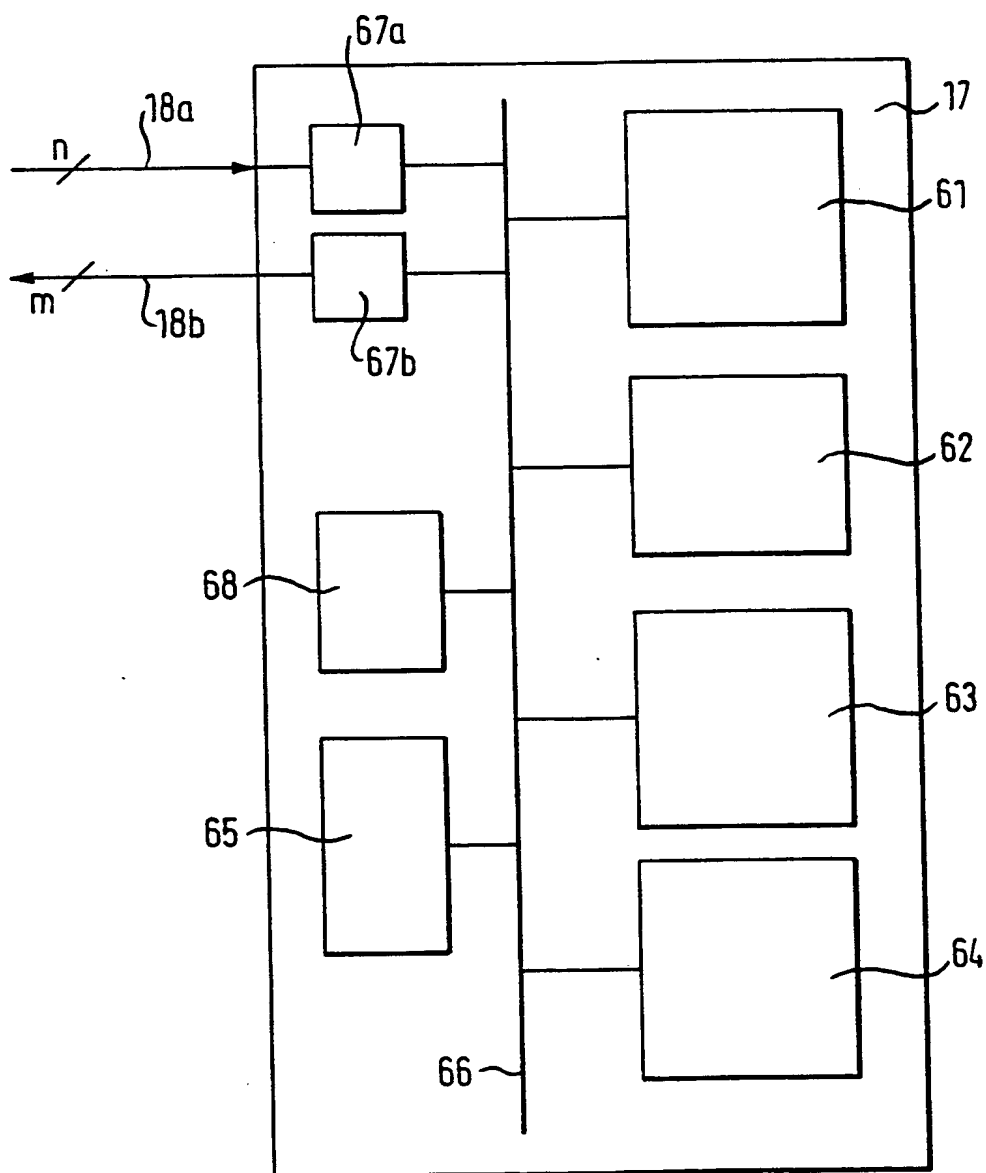


FIG. 3

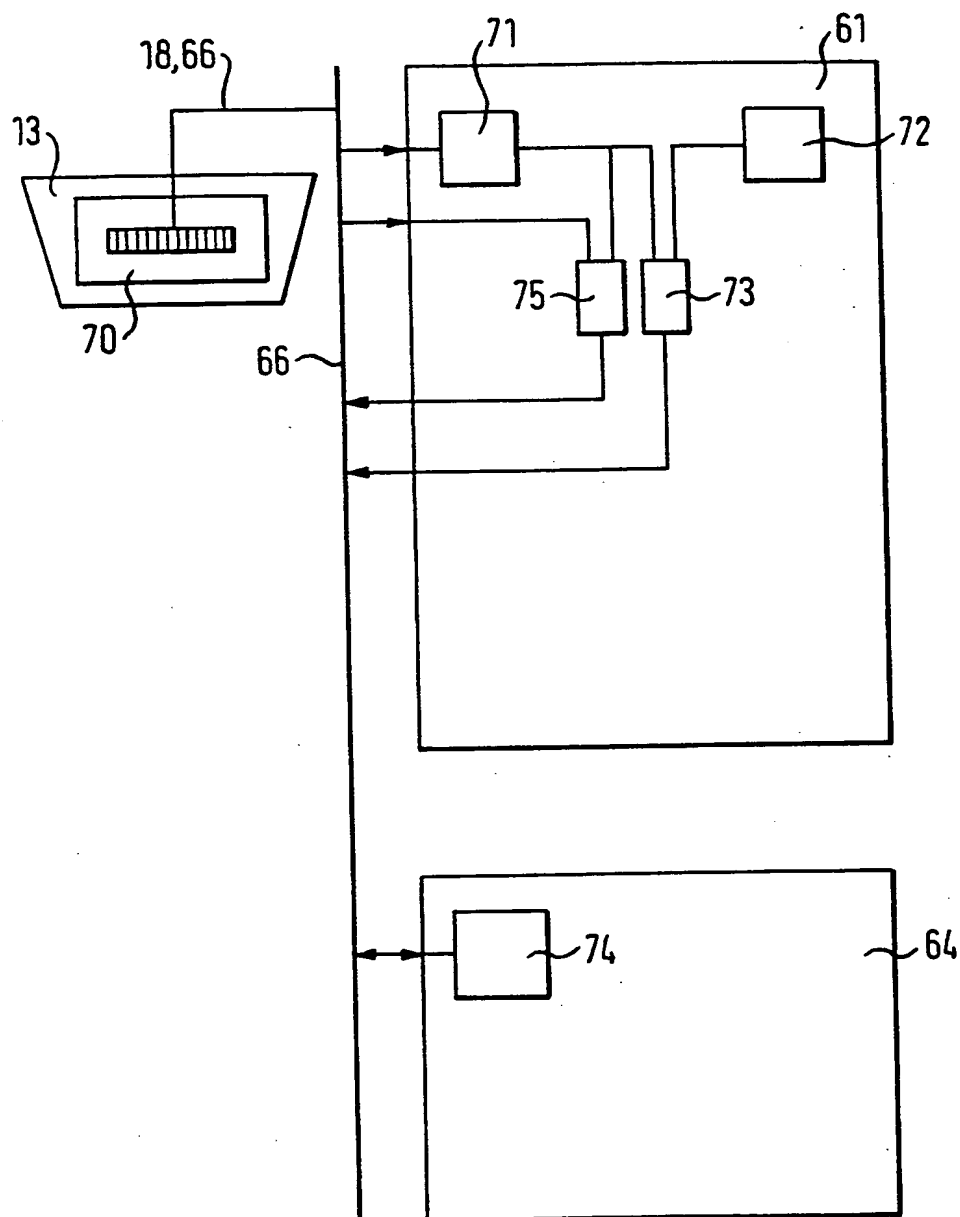


FIG. 4

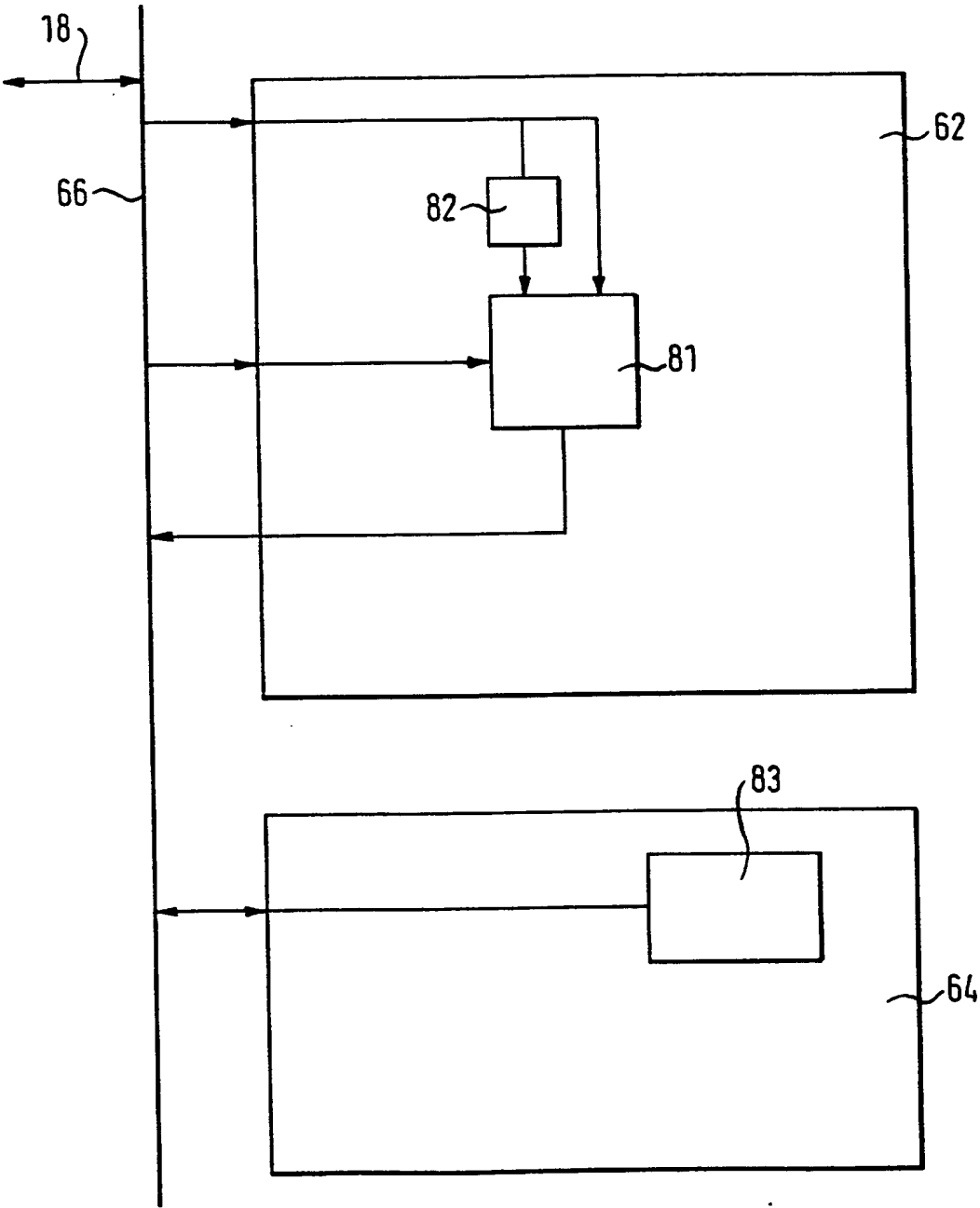


FIG. 5

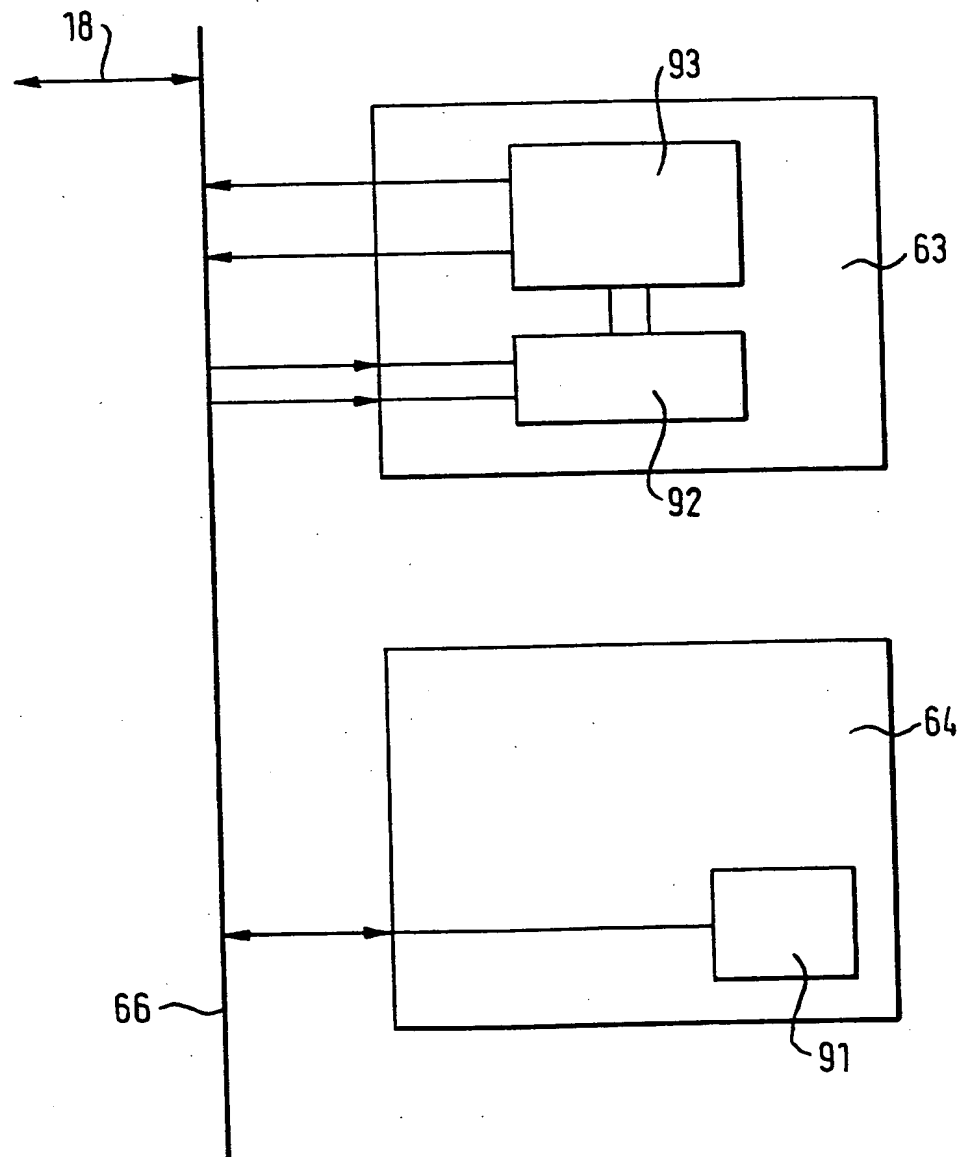
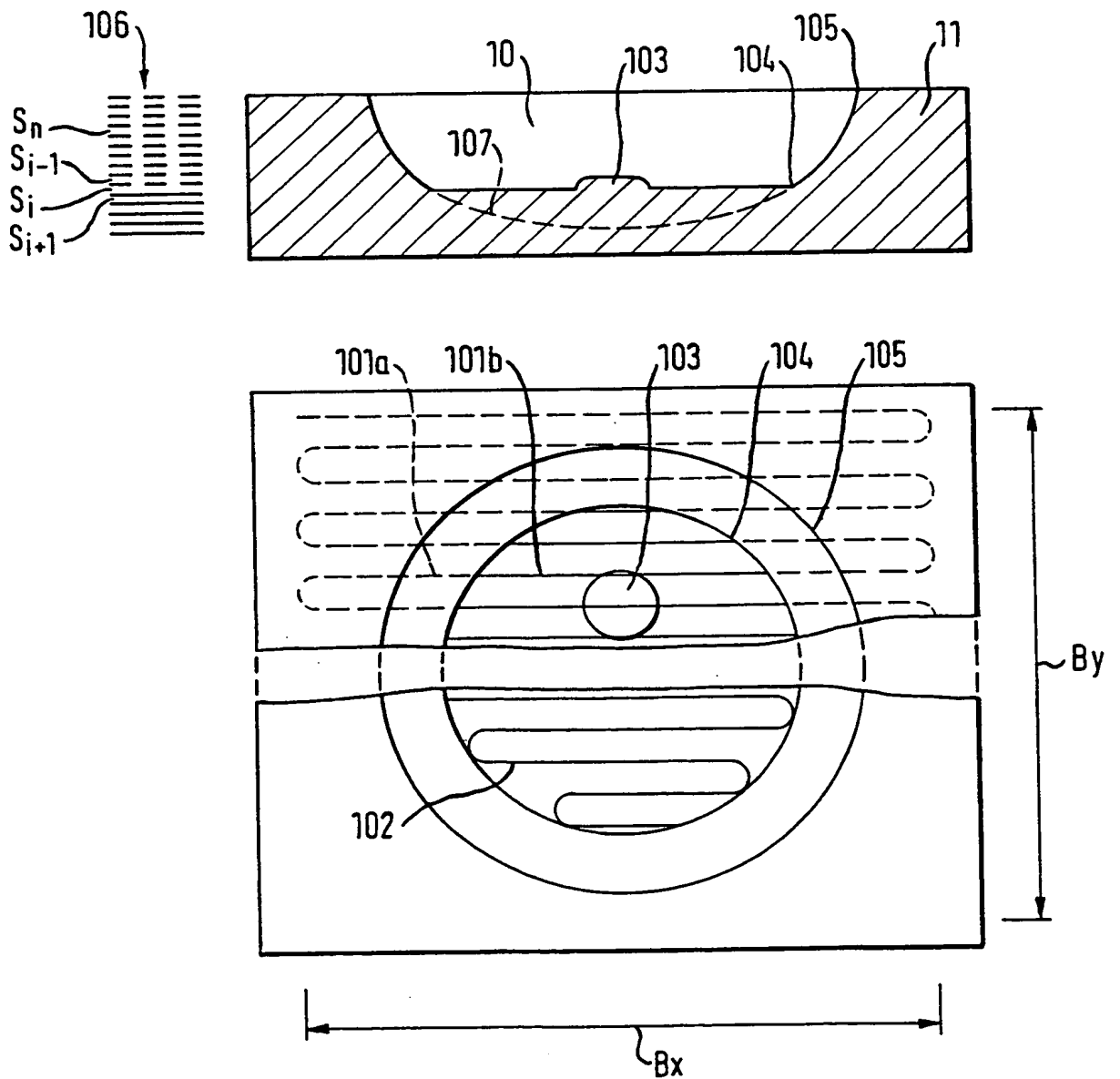
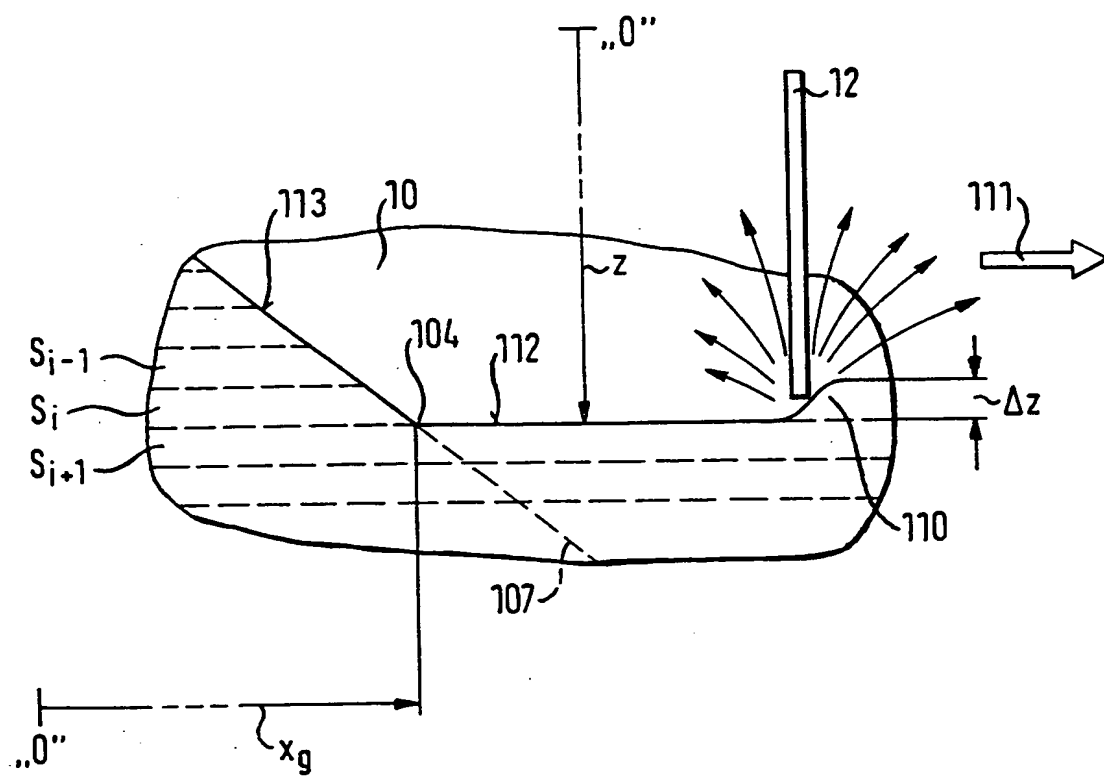


FIG. 6



7/7

FIG. 7



ERSATZBLATT (REGEL 26)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 98/06225

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 G01B11/02 B23K26/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G01B B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 31 17 556 A (FERRANTI) 19 May 1982 see claim 1; figure 4 ---	1,7,18
X	DE 40 11 780 C (HERR LANGER) 26 September 1991 see claim 1; figure 2 ---	1,7,18
X	DE 42 00 632 A (MAHO) 15 July 1993  see column 2, line 24 - line 29 see column 7, line 52 - line 54; figure 2 -----	10,13, 21,24



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 May 1999

Date of mailing of the international search report

02/06/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mielke, W



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Inter. onal Application No

PCT/EP 98/06225

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3117556 A	19-05-1982	GB 2076532 A JP 57009175 A	02-12-1981 18-01-1982
DE 4011780 C	26-09-1991	NONE	
DE 4200632 A	15-07-1993	DE 59300797 D EP 0552616 A ES 2081640 T JP 5261578 A US 5376770 A	30-11-1995 28-07-1993 01-03-1996 12-10-1993 27-12-1994

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte. nationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/06225

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 6 G01B11/02 B23K26/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 G01B B23K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 31 17 556 A (FERRANTI) 19. Mai 1982 siehe Anspruch 1; Abbildung 4 ---	1,7,18
X	DE 40 11 780 C (HERR LANGER) 26. September 1991 siehe Anspruch 1; Abbildung 2 ---	1,7,18
X	DE 42 00 632 A (MAHO) 15. Juli 1993  siehe Spalte 2, Zeile 24 - Zeile 29 siehe Spalte 7, Zeile 52 - Zeile 54; Abbildung 2 -----	10,13, 21,24



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

19. Mai 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/06/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mielke, W

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/06225

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3117556 A	19-05-1982	GB 2076532 A JP 57009175 A	02-12-1981 18-01-1982
DE 4011780 C	26-09-1991	KEINE	
DE 4200632 A	15-07-1993	DE 59300797 D EP 0552616 A ES 2081640 T JP 5261578 A US 5376770 A	30-11-1995 28-07-1993 01-03-1996 12-10-1993 27-12-1994

THIS PAGE BLANK (USPTO)